

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.Ф. Фролов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»  
ОПП «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Екологічна оцінка стану ґрунтових вод у зоні впливу  
аеропорту»**

Виконавець: студент групи ЕК-401 Шабалков Дем'ян Олександрович  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д-р техн. наук, професор кафедри екології Маджд Світлана Михайлівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

(підпис) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Явнюк А.А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,  
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Фролов В.Ф.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи**

Шабалкова Дем'яна Олександровича

1. Тема роботи «Екологічна оцінка стану ґрунтових вод у зоні впливу аеропорту» затверджена наказом ректора від «27» квітня 2020 р. №527/ст.
2. Термін виконання роботи: з 27.04.2020 р. по 16.06.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: лабораторні дослідження ґрунтових вод.
4. Зміст пояснювальної записки: фізико-географічна характеристика зони впливу аеропорту «Київ». Застосування даних гідрохімічного аналізу, біотестування, мікробіологічного аналізу для оцінки стану екосистеми.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Огляд теоретичного матеріалу	27.04.2020 – 09.05.2020	
2	Визначення матеріалів та методів дослідження	10.05.2020 – 15.05.2020	
3	Аналітична обробка результатів досліджень	16.05.2020 – 31.05.2020	
4	Підготовка висновків	01.06.2020 – 04.06.2020	
5	Попередній захист дипломної роботи	05.06.2020	
6	Оформлення дипломної роботи	06.06.2020 – 14.06.2020	
7	Захист дипломної роботи на кафедрі	16.06.2020	

7. Дата видачі завдання: «27» квітня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_ Маджд С.М.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Шабалков Д.О.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## **РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Екологічна оцінка стану ґрунтових вод у зоні впливу аеропорту»: 46 с., 11 рис., 7 табл., 23 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: екологічний стан ґрунтових вод у зоні впливу аеропорту «Київ».

Мета роботи: оцінити ступінь техногенного впливу аеропорту «Київ» на ґрунтові води.

Методи дослідження: гідрохімічні методи, методи біотестування, мікробіологічний аналіз, аналітична обробка даних.

Результати дипломної роботи рекомендується використовувати під час проведення наукових досліджень екологічного стану ґрунтових вод і в практичній діяльності фахівців-екологів.

**АВІАПІДПРИЄМСТВО, ҐРУНТОВІ ВОДИ, ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ЗОНА ВПЛИВУ АЕРОПОРТУ.**

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Фізичні та хімічні властивості ґрунтових вод.....	9
1.2. Забруднення й очищення ґрунтів і ґрунтових вод.....	12
1.3. Коротка характеристика досліджуваного об'єкту.....	14
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>16</b>
2.1. Методи досліджень.....	16
2.2. Опис методик.....	17
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>23</b>
3.1. Результати гідрохімічних аналізів проб ґрунтової води.....	23
3.2. Результати мікробіологічного аналізу (сірководневого тесту).....	36
3.3. Результати біотестування.....	38
3.3.1 Результати біотестування проб ґрунтових вод в зоні аеропорту “Київ” на ракоподібних <i>Daphnia magna</i> Straus.....	38
3.3.2 Результати біотестування проб ґрунтових вод зони аеропорту "Київ" на <i>Lactuca sativa</i> L.....	40
<b>ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....</b>	<b>42</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>44</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АРЗ – авіаремонтний завод;  
БСК – біологічне споживання кисню;  
ГДК – гранично-допустима концентрація;  
ГДС – гранично-допустимий скид;  
дм<sup>3</sup> - дециметр кубічний;  
ЗПС – злітно-посадкова смуга;  
км<sup>2</sup> - кілометр квадратний;  
мг-екв – міліграм-еквівалент;  
мгО<sub>2</sub>/л – міліграм кисню на літр води;  
МІ – мітотичний індекс;  
МЯ – мікроядро;  
ПММ – паливно-мастильні матеріали;  
ФЕК – фотоелектроколориметр;  
ХСК – хімічне споживання кисню;  
рН – водневий показник.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день оцінка техногенного впливу авіаційних підприємств на навколишнє середовище є надзвичайно важливою проблемою, що досліджується багатьма авторами наукових робіт. Це дає змогу оцінити можливий негативний для довкілля конкретного аеропорту й авіапідприємств у цілому.

Актуальність теми зумовлена розташуванням аеропорту «Київ» в межах житлової забудови м. Києва, що суперечить нормативам розміщення санітарно-захисної зони, та його можливим впливом на життєдіяльність населення, що проживає в зоні впливу авіапідприємства.

Вміст у воді нафтопродуктів, важких металів, нітратів та нітритів є важливою характеристикою при оцінці можливості використання ґрунтових вод у господарсько-питних цілях.

### **Мета і завдання виконання дипломної роботи.**

Мета роботи – оцінити ступінь техногенного впливу аеропорту «Київ» на ґрунтові води.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз літературних джерел на тему екологічних властивостей ґрунтових вод, впливу авіаційних підприємств на них.
2. Визначити методи відбору та дослідження ґрунтових вод.
3. Провести дослідження ґрунтових вод зони впливу аеропорту «Київ» на ступінь антропогенного й техногенного забруднення.
4. Дати загальну оцінку ступеня техногенного впливу авіапідприємства на ґрунтові води.

**Об'єкт дослідження:** екологічний стан ґрунтових вод у зоні впливу аеропорту «Київ».

**Предмет дослідження:** основні показники техногенного забруднення ґрунтових вод у зоні впливу аеропорту «Київ».

**Методи дослідження:** при виконанні роботи використовувалися гідрохімічні методи дослідження, методи біотестування, мікробіологічний аналіз, аналітична обробка даних.

**Особистий внесок випускника:** за допомогою гідрохімічних методів дослідження, методів біотестування, мікробіологічного аналізу зони впливу аеропорту проводився аналіз екологічного стану досліджуваної зони, який показав забруднення ґрунтових вод за рядом показників.



## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1.1. Фізичні та хімічні властивості ґрунтових вод

Ґрунтові води - це підземні води першого від поверхні постійного водоносного горизонту, який не має зверху суцільної покрівлі з водотривких (водонепроникних) порід. [1]

Шари гірських порід, просочені гравітаційною водою, створюють водоносні пласти або горизонти, з яких складаються водоносні комплекси. Гірські породи, що їх утворюють, можуть характеризуватися різними показниками вологоємності, водопроникності та водовіддачі. Над дзеркалом ґрунтових вод знаходиться капілярна вода, що можуть бути не з'єднана з горизонтом ґрунтових вод. Таку воду називають капілярною. Вся ця площа аж до земної поверхні називається зоною аерації. Саме в ній відбувається просочування води з поверхні у ґрунт. У період активного живлення підземних вод там може утворюватися верховодки - сезонні скупчення води. Різні шари відділяють водотривкими слабо проникними породами горизонти міжпластових вод. Зазвичай на них діє гідростатичний тиск [2].

Підземну воду часто використовують в якості джерела водопостачання. За характером використання підземні води поділяються на:

- господарсько-питні та виробничо-технічні;
- мінеральні води лікувального призначення;
- теплоенергетичні;
- промислові.

В разі використання води для різних цілей одночасно її розглядають як комплексну корисну копалину.

Родовища господарсько-питної води діляться на такі типи:

- річкових долин;
- артезіанських басейнів;

- конусів виносу передгірських шлейфів і міжгірських западин або масивів тріщинних та тріщинно-карстових порід;
- тектонічних порушень;
- піщаних масивів, пустель та напівпустель;
- надморенних та міжморенних водольодовикових відкладів;
- областей розвитку вічномерзлих порід.

Також підземні води розділяють за віком та походженням порід, у яких вони містяться. Залежно від гідравлічних властивостей вони можуть бути безнапірними або напірними.

За температурою підземні води поділяються на:

- дуже холодні (0-4°C);
- холодні (4-20°C);
- теплі (20-37°C);
- гарячі (37-100°C);
- дуже гарячі (понад 100°C).

За В. Вернадським підземні води поділяються за ступенем мінералізації на:

- прісні (до 1 г/л);
- солонуваті (1-10 г/л);
- солоні (10-50 г/л);
- підземні розсоли (понад 50 г/л).

Ґрунтова вода є неоднорідним розчином, до складу якої входять різні речовини (солі, гази, іони хімічних елементів, колоїди). Як будь-яка речовина, вона характеризується певними фізичними властивостями.

*Колір.* Колір ґрунтових вод залежить від механічних домішок, що містяться в їх складі, та їх хімічного складу. У більшості випадків ґрунтові води безбарвні. Жовте забарвлення характерне для болотної води, що містить перегній. Завдяки окисненню сірководню та утворенню колоїдної замутненості, що складається з частинок сірки, сірководнева вода має зелений тон.

*Запах.* У ґрунтових вод запаху майже немає. Його наявність свідчить про вміст газів біохімічного походження або органічних речовин, що розкладаються. Інтенсивність запаху оцінюється за десятибальною шкалою.

*Смак.* Смак води залежить від вмісту речовин, що розчинені у ній. Солоного смаку вода набуває при наявності хлориду натрію, гіркого - від сульфату магнію, іржавого - від солей заліза. Вода, багата органікою, має солодкий присмак. Присутність вільного вуглекислого газу надає воді приємний і освіжаючий смак. Смак води оцінюють за п'ятибальною системою.

*Прозорість.* Прозорість ґрунтових вод залежить від кількості твердих частинок. Шкала прозорості така: прозора, злегка опалесцентна, опалесцентна, злегка мутна та сильно мутна. Помутніння оцінюється в міліграмах сухої речовини на літр води.

*Температура.* Температура ґрунтових вод залежить від геотермальних характеристик місцевості. За нею можна дізнатися про вік, будову, літологію та гідродинамічні характеристики водоносного горизонту, також вона може впливати на інші хімічні та фізичні властивості. Температуру визначають у градусах за Цельсієм.

*Густина.* Густиною води називають відношення маси води до її об'єму за певної температури. Одиниця вимірювання щільності - г/см<sup>3</sup>.

*В'язкість.* В'язкістю води називають опір її руху частинок всередині рідини. Кількісно вона визначається коефіцієнтами динамічної та кінематичної в'язкості.

*Радіоактивність.* Радіоактивність ґрунтових вод залежить від еманції радію та вмісту радону. За Е. С. Бурксером виділяються такі типи води: дуже слабо радіоактивні (менше 10 еман); слабо радіоактивні (10-100); радіоактивні (100-1000 еман); сильно радіоактивні (1000-10000 еман); дуже сильно радіоактивні (більше

10000 еман).

*Електропровідність.* Здатність води до електропровідності залежить від вмісту розчинених солей. Провідність води оцінюється за питомим опором.

## **1.2. Забруднення й очищення ґрунтів і ґрунтових вод**

Одне з найважливіших екологічних питань на сьогодні - забруднення довкілля нафтою та нафтопродуктами [3]. Причинами та джерелами забруднення навколишнього середовища є аварії при видобутку, технологічні втрати під час транспортування, переробки та зберігання, неправильне захоронення нафтовмісних промислових відходів, викиди та скиди від нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, автомобілів. Майже половина витрат нафти та нафтопродуктів потрапляє в ґрунт. Забруднення нафтопродуктами впливає на всі компоненти екосистеми: мікрофлору ґрунту, флору та фауну. Нафтопродукти та нафта надзвичайно важко окислюються в ґрунті [4]. Визначено, що через тривалу інфільтрацію резервуару для зберігання нафтопродуктів навіть на глибині 30-50 м їх концентрація у ґрунтових водах досягає високих рівнів [5]. Нафтопродукти можуть зберігатися у водоносних горизонтах ґрунту протягом десятків і навіть сотень років. Самоочищення підземних вод вимагає декількох циклів повного обміну води, а тривалість циклу зазвичай становить від 10 до 20 років [6]. Слід зазначити, що забруднення ґрунту нафтопродуктами є шкідливим навіть при їх малій водорозчинності, оскільки нафта потрапляє в ґрунтові води у вигляді емульсії, утворюючи плаваючі лінзи та плівкової дифузії. На те, щоб очистити ґрунт від них, потрібно багато часу. Для організації ефективного санітарно-гігієнічного контролю з метою запобігання забрудненню в ланцюзі "ґрунт - ґрунтові води" важливо оцінити характеристики міграції окремих типів нафтопродуктів, що є обов'язковим етапом санітарного регулювання екзогенних хімічних речовин у середовищі.

Забруднення нафтою є однією з найбільш нагальних екологічних проблем у сучасному світі. В основному це стосується ґрунтів і ґрунтових вод, що є осередком

довгострокового негативного впливу на екосистеми та здоров'я населення. У багатьох країнах, особливо в Україні, очищення та подальше відновлення забруднених нафтою територій є одним із пріоритетних напрямків екологічної діяльності Землі. Через велике техногенне навантаження нафтохімічних джерел забруднення в Україні існують дуже несприятливі екологічні умови. Одним з найбільш небезпечних джерел забруднення є аеродром. На їх території витрати нафтопродуктів є постійними, що суттєво впливає на площу та кількість забруднення нафтою. Найчастіше для того, щоб очистити території, що зазнали негативного впливу, використовується метод відкачування мобільних нафтопродуктів. Однак речовини, що залишаються після цього в ґрунті та ґрунтових водах, становлять для середовища не меншу загрозу. Важливу роль у самоочищенні середовища від нафтопродуктів має біодеградація. У природному середовищі існує значне біорізноманіття мікроорганізмів, які здатні розкласти вуглеводні та видалити їх з екосистеми. Найбільш цікавою є група мікроорганізмів, що окислюють вуглеводні. Вони є неспецифічною групою ґрунтових мікроорганізмів, які можуть переробляти вуглеводні на вуглець та енергію.

Дослідження показують, що процес самоочищення ґрунту може усунути низький рівень забруднення за 2-3 роки, середній - за 4-5 років [7].

Підземні води - сприятливе середовище для виживання мікроорганізмів, які можуть не лише перетворювати природні органічні компоненти, але й трансформувати велику кількість різних видів ксенобіотиків. Дослідження показують, що відокремлені мікробні спільноти можуть використовувати нафтові вуглеводні для підтримання своєї життєздатності, тому можуть бути введені в забруднені нафтою як ґрунтові, так і поверхневі чи стічні води, для біологічного очищення. Їх ефективність буде залежати від конкретних природних умов (геохімія, літологія, динаміка рідини). Цей метод можна використовувати самостійно або як додатковий спосіб разом з традиційними, одночасно підвищуючи ефективність очищення. У районах, де рівень ґрунтових вод сезонно коливається, особливих ефектів цієї технології можна очікувати при видаленні адсорбованих нафтопродуктів з гірських порід.

Слід зазначити, що у ґрунтових водах, забруднених великою кількістю органічних речовин, утворюватиметься відновлювальне середовище, тому активність аеробних окислювальних мікроорганізмів стає неможливою. У цьому випадку природний процес самоочищення обумовлений активністю факультативно анаеробних та анаеробних мікроорганізмів. Саме через це сульфат-відновлюючі бактерії, здатні до анаеробного окислення, часто зустрічаються в ґрунтових водах, забруднених нафтою та нафтопродуктами. Тому внесення інших субстратів, які легко метаболізуються мікроорганізмами, може використовуватися для активізації активності анаеробних відновників сульфату, завдяки чому природне самоочищення ґрунтових вод може бути прискорене. Сірководень, що утворюється в процесі відновлення сульфату, буде мігрувати з потоком ґрунтових вод, окислюватися до елементарної сірки на окислювальному геохімічному бар'єрі та осідати. [8]

### **1.3. Коротка характеристика досліджуваного об'єкту**

Міжнародний аеропорт «Київ» - багатофункціональне транспортне підприємство, яке є базовою частиною системи повітряного транспорту, що може забезпечувати зліт і посадку літаків, наземні послуги, а також перевезення пасажирів, багажу, пошти та вантажів.

Аеропорт є великим авіатранспортним підприємством, що забезпечує всі необхідні умови для функціонування авіакомпаній, державних органів регулювання авіаційної та митної діяльності.

Аеропорт знаходиться в 8 кілометрах від центру Києва, на південно-західній околиці міста. Він має злітно-посадкову смугу довжиною 1800 метрів і шириною 49 метрів. Загальна площа зайнятої території 265 га. Підприємством здійснюються регулярні та чартерні рейси [9].

На території аеропорту розміщуються такі об'єкти:

- авіатранспорт;
- авіаційно-технічна база;

- служба спеціального транспорту;
- ремонтно-будівельне управління;
- служба головного механіка;
- служба теплових інженерних систем теплозабезпечення;
- база електрорадіотехнічного забезпечення літаків;
- аеродромна служба;
- служба паливно-мастильних матеріалів.

На території аеропорту розміщена випробувальна електротехнічна лабораторія для проведення вимірювань для контролю безпеки умов праці та достовірності показників електрообладнання.

Джерелами водопостачання підприємства є Київський міськводопровід та свердловина підземних вод на території аеропорту. Основними джерелами забруднення поверхневих та підземних вод є скиди дощових і талих стічних вод, аварійні скиди нафтопродуктів.

Через осідання атмосферного пилу та продуктів згоряння палива, руйнування покриттів та зносу обладнання, випадкового скидання нафтопродуктів та обробки покриттів очисними рідинами під час технічного обслуговування в зоні водозбору накопичується більшість домішок у дощовій і талій воді [10].

В аеропорту є дві очисні споруди, які забезпечують можливість механічної очистки за допомогою восьми колекторів нафти та чотирьох відстійників, виготовлених із залізобетону.

Механізована автомийка має систему зворотного водопостачання. Такі системи зазвичай використовуються для очищення вантажівок, автомобілів, мікроавтобусів та автобусів.

При механічному очищенні автомобілів виникають неконтрольовані опади у резервуарах дощової та талої води. З часом вони концентруються в резервуарах зворотної системи водопостачання.

На підземні води в районі аеропорту впливає урбанізація та сильне забруднення повітря.





## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

#### 2.1. Методи досліджень

Для дослідження були відібрані червневі та вересневі проби п'яти криниць питної води на відстані 200 м, 250 м, 500 м, 1 км та 1,5 км від злітно-посадкової смуги в зоні впливу аеропорту “Київ”.

В санітарній зоні аеропорту „Київ” на відстані 200 м від ЗПС, з питної криниці у червні та вересні було взято по одній пробі ґрунтової води. Глибина залягання води становила 5 м. На момент здійснення відбору неприємного запаху, кольору та домішок вода не мала.

Другий пункт відбору проб води - колодязь, розташований на відстані 250 м від ЗПС. Рівень ґрунтової води становив 6 м. У відібраній тарі вода була прозора, не мала неприємного запаху, плівки та домішок.

З колодязя житлового масиву Жуляни, що знаходиться на відстані 500 м від ЗПС (третій пункт відбору проб) відібрано ґрунтову воду з глибини 7 м. На момент відбору вода обох сезонів була прозорою, без домішок, без запаху.

Четвертий пункт - криниця, розташована на відстані 1 км від ЗПС. Рівень ґрунтової води становив 4 м. Відібрані проби не мали кольору, запаху, помітних домішок, плівки.

На відстані 1,5 км від ЗПС у криниці зони житлового масиву Жуляни з глибини 4 м було відібрано по одній пробі кожного сезону (літо, осінь). Вода не мала на момент відбору запаху, кольору, плівки але було помічено незначну кількість домішок невідомого походження.

В ході виконання дослідницької роботи застосовуються різні методи кількісного та якісного визначення. Здебільшого, для екологічних досліджень застосовуються методи [11]:

- *Хімічні методи* (титриметричний, гравіметричний, хроматографічний, високоефективна рідинна хроматографія, газорідинна хроматографія, йонообмінна хроматографія);
- *Електрохімічні методи* (потенціометрія, вольтамперометрія, кондуктометрія);
- *Фізичні методи* (спектральний аналіз, метод полуменевої фотометрії, мас-спектрометрія, метод ядерного магнітного резонансу, радіометричні методи аналізу, активаційний аналіз, рентгеноспектральний аналіз, люмінесцентний аналіз, сортовий аналіз);
- *Біологічні методи* (біоіндикація, біотестування, мікробіологічний аналіз, мікроядерний тест).

В роботі були застосовані хімічні та біологічні методи досліджень.

## **2.2. Опис методик**

*Методика відбору проб води.* Достовірність отриманих результатів залежить напряду від вірності відбору проб для подальших експериментальних досліджень. За ISO 5667-11 [12] встановлені вимоги щодо відбору зразків ґрунтових вод для фізико-хімічного дослідження та біологічного тестування.

Відповідно до ГОСТ 24902-81 "Загальні вимоги до польових методів аналізу" [13], відбір проб, що використовуються для аналізу води, повинен забезпечити збереження природного стану води в найбільшій мірі та відсутність випадкових забруднень.

Наступним кроком є визначення площі для відбору проб.

Верх і боки колодязя (свердловини) повинні бути захищені від поверхневої води. Точка відбору проб повинна розташовуватися на малій відстані в напрямку зниження гідравлічного градієнта від джерела.

Згідно з ISO 5667-11 і ГОСТ 24902-81 "Загальні вимоги до польових методів аналізу" визначають частоту та час відбору. Об'єм проби складає 1дм<sup>3</sup>. Зразки відбираються нижче та вище горизонту ґрунтових вод.

Метод глибокого відбору проб заключається в тому, щоб опустити пробовідбірник на певну глибину, наповнити його водою та підняти. За можливості вимірювання таких параметрів, як рН,  $t$  °С, електропровідність, електрохімічний потенціал, лужне число слід проводити відразу після підняття. При відхиленні показників від норми проводиться детальний аналіз.

*Методики визначення кольору, запаху, смаку та прозорості води.* Забарвлення води та її органолептичні показники пов'язані з її складом (вміст заліза, гумінових і фульвокислот, наявність органічних речовин, хлору).

В ІСО 7887 [14] встановлені три методи визначення кольору:

- 1) метод визначення кольору шляхом візуального вивчення проби води в посудині;
- 2) метод визначення кольору з допомогою оптичних приладів (спектрофотометром);
- 3) візуальний метод визначення кольору води (порівняння з колірною шкалою).

Запах може вказувати на підвищену біологічну активність, забруднення від промислових об'єктів.

На смак визначається вміст кальцію, магнію, міді, натрію, заліза та цинку. Для цього потрібно набрати в рот 10-15 мл проби, потримати кілька секунд, не ковтаючи, а потім сплюнути. Також враховується температура води.

Контроль каламутності води здійснюється за ІСО 7027 [15]. Для цього потрібно занурити диск з бронзи, вкритий білим пластиком, на підвісці у воду до втрати видимості.

*Методика визначення активної реакції води (рН).* За стандартом ІСО 10523 [16], визначення рівня рН проводиться стандартним рН-метром рН-121. Для цього потрібно електрод ретельно промити дистильованою водою та висушити фільтрувальним папером перш ніж занурити в розчин. Обов'язково потрібно перевірити правильність показників приладу за допомогою розчину з відомим значенням рН (0,1 н). Після цього можна приступити до замірів досліджуваної води.

Спочатку вимірюють у співвідношенні 2 до 14, далі перемикають прилад на вузький діапазон рН з точністю до 0,05.

*Методика визначення сумарної концентрації калію та магнію (жорсткість води).* Метод титрування здійснюється за ІСО 6059 [17] для визначення сумарної концентрації кальцію та магнію в підземних, поверхневих і питній воді. Суть цього методу полягає в комплексонометричному титруванні елементів трилоном Б при рН 10.

В колбу об'ємом 250 мл вносяться 50 мл проби, до них додається 4 мл буферного розчину та 3 краплини індикатору. Колір розчину повинен бути винно-червоним, рівень рН  $10 \pm 0,1$ . Пробу слід титрувати, постійно перемішуючи, розчином трилону Б до зміни кольору на фіолетово-синій. Якщо витрати речовини на титрування складають менше 4,5 мл, то об'єм проби збільшують пропорційно збільшуючи кількість буферного розчину. Якщо витрати речовини для титрування перевищують 20 мл, то об'єм проби потрібно зменшувати до об'єму 50 мл, додаючи воду.

*Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК).* Хімічним споживанням кисню називають кількість органічних та неорганічних відновників у воді, що реагують з дихроматом калію в сірчаній кислоті в пропорції 1:1 в перерахунку на кисень (мг  $O_2$ /л).

Визначення ХСК проводиться за КНД 211.1.4.020 – 95 [18] та ІСО 6060 [19]. Для цього потрібно додати 0,4 г  $HgSO_4$ , 10 мл розчину  $K_2Cr_2O_7$  та кип'ятильники в колбу з 20 мл стічної води. Далі розчин перемішується, доливається 30 мл концентрованої сульфатної кислоти. Після кип'ятіння він титрується розчином солі Мора в конічній колбі до зміни кольору з блакитнувато-зеленого на червоно-коричневий.

*Методика визначення біологічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>).* Біологічним споживанням кисню називають кількість кисню (мг), необхідного аеробним

бактеріям для окислення органічної речовини в 1 літрі води до  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$  протягом 5 діб.

Для визначення БСК потрібно додати у склянку з пробкою води 2 мл розчину  $\text{MnSO}_4$  та 2 мл лужного розчину  $\text{KI}$ . Далі її закривають пробкою та розмішують, поки не випадуть в осад пластівці  $\text{MnO}_2$ . Після осадження осаду, в розчин додається 1 мл концентрованої  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та перемішується до розчинення. Проби по 50 мл титруються за допомогою розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  з  $C=0,01$  моль/л.

*Метод визначення забрудненості води за вмістом у ній аміаку.* Вміст у воді аміаку визначається за допомогою кількісної фотоколориметрії. Для цього береться 50 мл проби, що містить 5—40 мкг амонійного нітрогену, до неї додається 1 мл реактиву Несслера, доливається дистильована вода до риски та перемішується. Через 3 хв потрібно виміряти оптичну густину розчину за допомогою ФЕК. Маса амонійного нітрогену в пробі визначається за градувальним графіком.

*Методика фотометричного визначення нітратів ( $\text{NO}_3$ ) з саліциловою кислотою у поверхневих та біологічно очищених водах.* Вміст нітратів  $\text{NO}_3$  у воді визначається за КНД 211.1.4.027-95 [20]. Для цього потрібно додати до 10 мл проби 1 мл 0,5 %-го розчину саліцилату натрію та випарувати на водяній бані у порцеляновій чашці. Далі потрібно додати 1 мл концентрованої сульфатної кислоти та залишити на 10 хвилин. Після цього вміст чашки потрібно розвести в дистильованій воді й додати 7 мл розчину  $\text{NaOH}$ . Далі визначається оптична густина розчину та порівнюється з дистильованою водою.

*Методика фотометричного визначення нітрит-іонів ( $\text{NO}_2$ ) з реактивом Гріса в поверхневих та очищених стічних водах.* Нітрити  $\text{NO}_2$  визначають за КНД 211.1.4.023-95 методом фотометрії з реактивом Грісса. Для цього потрібно до 50 мл проби додати 1 мл сульфанілової кислоти та перемішати. Через 5 хв потрібно додати в пробу 1 мл розчину  $\alpha$ -нафтиламіну. Після перемішування та визначення оптичної густини вміст нітритів визначається за градувальним графіком.

*Методика визначення важких металів в поверхневих водах.* Для визначення вмісту важких металів у воді застосовується метод атомно-абсорбційної спектрометрії. Випромінювання передається через атомний шар парів зразка води, отриманий за допомогою атомізатора. Атоми переходять у збуджений енергетичний стан за рахунок поглинання квантів світла. В атомних спектрах цим переходам відповідають резонансні лінії, характерні для певного елемента.

*Методика визначення нафтових вуглеводнів.* Для визначення вмісту нафтових вуглеводнів у воді потрібно підкислити зразок 1 літра води до  $\text{pH} = 2$ , додати 2 г хлориду натрію на літр розчину та екстрагувати в розділювальну воронку за допомогою тетрахлориду вуглецю, далі додати розчинник порціями, почекати 10 хвилин до розшарування, а потім зібрати екстракт у колбу. Далі його потрібно висушити за допомогою сульфату натрію, відібрати 50 мл і пропустити крізь колонку з оксидом алюмінію. Зібравши розчин в 100 мл колбі, через колонку пропускається 45 мл чистого  $\text{CCl}_4$ .

*Методика визначення вмісту пестицидів.* Для визначення вмісту пестицидів у воді потрібно помістити пробу води (1 літр) у роздільну воронку на 2 літри та додати 10-15 грам хлориду натрію. Далі ємності з-під проби обмивають 15 мл ацетону та 75 мл гексану, речовини додаються до проби та перемішуються. Після розшарування розчину гексановий шар фільтрується через безводний сірчаноокислий натрій. Пробу ще двічі екстрагують та фільтрують. Шар сульфату натрію потрібно промити 10 мл гексану та віджати скляною пробкою. Гексанові екстракти об'єднуються та переміщуються до об'єму 3–5 мл в апарат для відгонки гексану. До хроматографа вноситься 2–5 мкл екстракту. Вміст пестицидів у пробі знаходиться у відповідності з градуйованими кривими за висотою піку на хроматограмі.

*Методика проведення бактеріологічного тесту на виділення сірководню.* Для перевірки наявності мікроорганізмів у воді використовується бактеріологічний тест

папірцями з індикатором, який вказує на виділення сірководню. Щоб перевірити наявність індикаторних бактерій, у воду занурюється паперова смужка з живильним середовищем та кольоровий індикатор, що чорніє при контакті з сірководнем.

*Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus.* Перевірка води на токсичність проводиться згідно з КНД 211.1.4.054-97 „Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus” [22]. Для цього потрібно підготувати скляний посуд по 100 см<sup>3</sup> з пробєю води та контролем. Визначення проводяться тричі для кожної склянки. В посуд потрібно помістити по 10 дафній і спостерігати протягом 48 годин. В кінці досліду підраховується кількість живих дафній і порівнюється з контролем.

*Методика визначення токсичності води за зміною довжини корінців салату посівного *Lactuca Sativa* L.* Для визначення токсичності води за зміною довжини корінців салату посівного *Lactuca Sativa* L. готуються дві чашки Петрі для проби та контролю. В одну чашку поміщаються 20-25 насінин однакового розміру, кольору та форми. Доливається 5-7 мл води. Чашки Петрі зберігаються в темному, вологому термостаті, з температурою на рівні 20-24 °C протягом 120 годин. Після проведення досліду підраховується кількість пророщених насінин і довжину їх корінців від потовщення до кінця. Результати порівнюються з контролем.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Результати гідрохімічних аналізів проб ґрунтової води.

Досліджувані підземні води класифікують як джерело господарсько-питного та культурно-побутового призначення, оскільки вони розташовані в межах міста. Тому результати експериментів слід порівнювати зі стандартами якості питної води (див. Таблицю 3.1).

Зважаючи на специфічне розташування підземних вод у навколишньому середовищі, оцінка якості ґрунтових вод повинна мати більш глибоку та змістовну суть. Через це, окрім гідрохімічного аналізу ключових показників, дослідження відібраних проб води доповнюється мікробіологічним методом і біотестуванням.

Таблиця 3.1

Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин у питних водах

Найменування	Одиниця вимірювання	Стандарт		
		ГОСТ 2874-82	ДСАНПН №136/1940	ЄС
Запах	Бал.	2	2	2-3 (0)
Смак і присмак	-	2	2	2-3 (0)
Свинець	Мг/л	0,03	0,01	0,01
Хром (+6)	Мг/л	-	-	0,05
Кадмій	Мг/л	-	-	0,005
Пестициди	Мг/л	-	0,0001	0,0001
Водневий показник	Мг/л	6,0-9,0	6,5-8,5	6,5-9,5
Жорсткість	Мг-екв/л	7,0	1,7-7,0	-
Нафтопродукти	Мг/л	-	-	-
Загальна мінералізація	Мг/л	1000	100-1000	1500



Залізо	Мг/л	0,3	0,3	0,2 (0,05)
Мідь	Мг/л	1,0	1,0	3,0
Нікель	Мг/л	0,1	0,1	0,1
Цинк	Мг/л	5,0	-	0,1-5,0
Нітрати	Мг/л	45,0	45,0	30,0 (25,0)
Нітрити	Мг/л	-	-	0,1
Окислюваність	МгО <sub>2</sub> /л	-	4,0	-

*Температура води.* У водоймах температура є результатом одночасного впливу сонячного випромінювання, теплового обміну з атмосферою, теплообміну в потоках води, перемішування водних мас та гарячої води, що надходить із зовнішніх джерел. Від температури залежать майже всі процеси, які впливають на склад та характеристики води. Температура води вимірюється за шкалою Цельсія у градусах (°C).

Температура відібраних проб ґрунтової води знаходиться в межах 4-10 °C. Такі значення є нормальними для питної води.

Водневий показник (pH) - величина ступені кислотності або лужності води. Кількісно вона характеризується концентрацією іонів водню, яку прийнято виражати водневим показником  $pH = -\text{Log}[H^+]$ , їх активністю.

Активність залежить від стану, концентрації кожного компонента розчину, температури та тиску.

Вона змінюється залежно від сезону та дня. Як правило, для більшості природних вод діапазон вимірювання pH становить 6,5-9. На величину pH впливає збільшення концентрації гумінової кислоти та забруднення води скидами стічних вод підприємств. Зміни pH води свідчать про те, що вона забруднена продуктами розпаду органічних сполук. Зниження pH збільшує розчинність карбонатів, фосфатів та сульфідів важких металів, підвищує їх міграцію та швидкість засвоєння.

Під час використання води в повсякденному житті та на виробництві pH води повинен підтримуватися близьким до нейтрального рівня, щоб забезпечити нормальне протікання певних процесів очищення води.

На рис. 3.1 показані значення рН питних криниць при віддаленні від ЗПС на 20, 500, 1000, 1500 м, а також приведені порівняння фактичної концентрації показників з ГДК за господарсько-питними нормами.

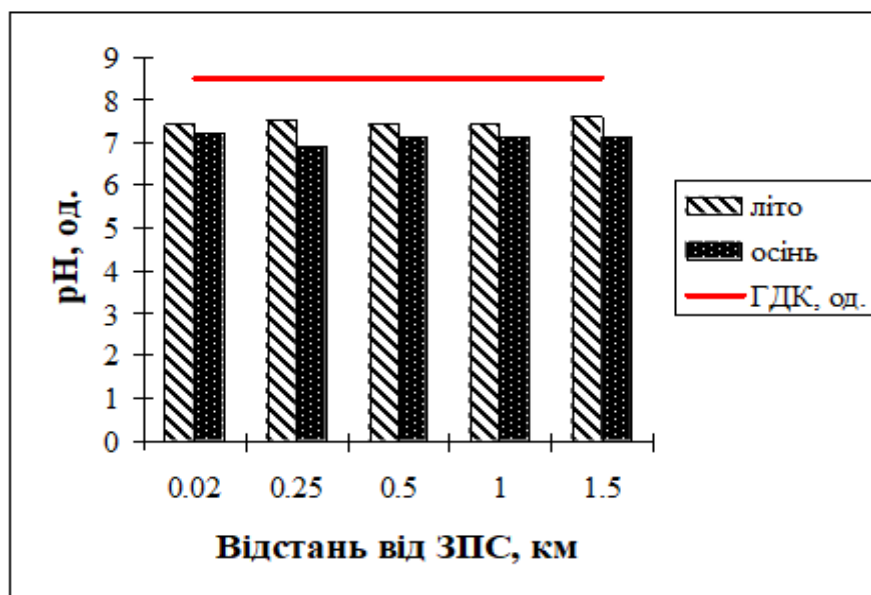


Рис. 3.1. Значення рН досліджуваних проб

Значення рН всіх відібраних проб не перевищують норми, в осінніх зразках трохи знижуються.

*Запах.* Запах є одним з органолептичних показників якості води. Запах природної води виникає через потрапляння летючих речовин, що можуть пахнути. Оцінюється даний показник за допомогою балів.

В роботі характер запаху не встановлюється, визначається лише його інтенсивність. Зі збільшенням температури інтенсивність також зростає. Відповідно до ГОСТ 2874-73 [23], інтенсивність запаху питної води при температурі 20 ° С не може перевищувати 2 бали. При відборі води з джерел господарсько-питного постачання інтенсивність її запаху зазвичай у межах 3-4 балів.

Таблиця 3.2

## Результати визначення запаху ґрунтової води у відібраних пробах

Пункти відбору проб				
Запах, бали				
20 м	250 м	500 м	1000 м	1500 м
0	0	0	1	0
1	0	0	1	0

*Присмак.* Присмак є ще одним органолептичним показником якості води. Він з'являється при наявності речовин природного походження або речовин, які потрапляють у воду внаслідок скидів стічних вод. Процеси появи присмаку та запаху схожі та пов'язані один з одним.

Даний показник визначається лише для питної води. Серед присмаків вирізняють лужний, металевий тощо. Таке визначення є суб'єктивним, оскільки воно залежить від сприйняття смаку дослідників, їх досвіду. У більшості випадків питна вода не має присмаку. Через високу концентрацію солей ґрунтові води можуть бути солоноватими або гіркуватими.

Результати дослідження присмаку наведені в таблиці 3.3 і вказують на наявність тимчасових нехарактерних ароматів у зразках, оскільки вони змінюються залежно від сезону.

Таблиця 3.3

## Результати визначення присмаку відібраних проб ґрунтової води

Дата аналізу проб	Пункти відбору проб				
	Присмак				
	20 м	250 м	500 м	1 км	1,5 км
17.06.04	відсутній	відсутній	відсутній	нафтовий	металевий
17.09.04	нафтовий	відсутній	нафтовий	відсутній	відсутній

*Сухий залишок.* Сухим залишком, або мінералізацією, називається кількість домішок в осаді після випаровування води. Ця величина характеризує загальну ступінь забруднення води, за її допомогою виражається вміст нелетких речовин, розчинених у воді.

За чинними нормами величина мінералізації питної води не повинна перевищувати 1000-1500 мг/л. На рис. 3.1 показано, що у всіх зразках води для випробувань показник не перевищує стандарти.

Отже, за ступенем загальної мінералізації, проби 1, 3, 4 літнього відбору можна охарактеризувати як прісну гідрокарбонатну воду (200-500 мг/л), оскільки мінералізація підземних джерел вища, ніж у поверхневих; проб 2, 5 - як воду з відносно високим рівнем мінералізації, гідрокарбонатно-сульфатну (500-1000 мг/л). Всі проби, відібрані у вересні, можна охарактеризувати як прісні гідрокарбонатні. Восени спостерігається незначне зменшення ступеня мінералізації.

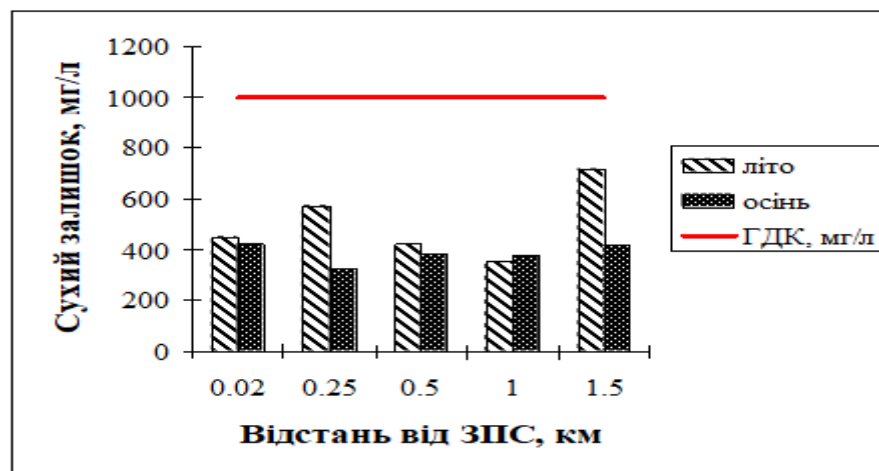


Рис. 3.2. Результати аналізу на сухий залишок проб ґрунтової води

*Жорсткість.* Загальна жорсткість води вказує на концентрацію катіонів двовалентних лужноземельних металів (переважно магнію та кальцію). Жорсткість поверхневих вод вища за ґрунтові води. Відповідно до діючих норм, жорсткість питної води не повинна перевищувати 7 мг-екв/л, лише за особливих обставин допускається перевищення до 14 мг-екв/л.

З іншого боку, при більшій жорсткості зменшується токсичність багатьох

солей лужних, лужноземельних і важких металів. Дане явище можна пояснити тим, що мінералізована вода з високим вмістом солей барію, калію, кальцію, магнію, та натрію, знижує здатність токсичних речовин до розчинення, утворює з ними нерозчинні осади, що знижує їх токсичність на порядок.

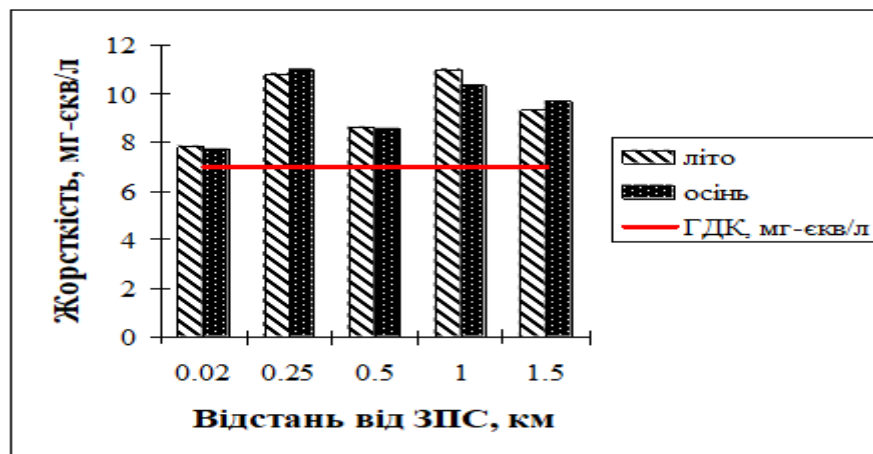


Рис.3.3. Результати дослідження проб води на жорсткість

За ступенем жорсткості літні та осінні проби ґрунтової води перевищують ГДК (на 10–50 %), тому їх можна охарактеризувати наступним чином:

Проби, відібрані на 20 м від ЗПС – вода середньої жорсткості (4-8 мг-екв/л), а тому задовільна для питних цілей та незадовільна для господарчих.

Проби, відібрані на 500 м та 1500 м – вода жорстка (8-10,5 мг-екв/л), задовільна питна та погана господарча;

Проби, відібрані на 250 м і 1000 м – вода дуже жорстка, але для питних цілей допустима (10,5-14,4 мг-екв/л).

Для вживання води в якості питної допускається використання відносно жорстких вод, оскільки наявність солей кальцію та магнію не є шкідливою для здоров'я та не впливає на органолептичні якості води. При використанні жорсткої води у побутових цілях виникають багато незручностей.

Використання у господарсько-побутових цілях води з точок відбору 250 м і 1 км можливо лише за погодженням з органами санітарного нагляду через підвищений рівень жорсткості (вище 10 мг-екв/л).

*Сполуки заліза.* Рівні концентрації сполук заліза в ґрунтових водах залежать від геологічної будови та гідрогеологічних умов водного басейну. Сполуки заліза у воді існують у розчинених, колоїдних та нерозчинних формах. Підвищений вміст заліза у воді свідчить про її забруднення промисловими стічними водами. Домішки заліза можуть негативно позначитися на органолептичних показниках питної води.

Після того, як вода з високим вмістом заліза була відібрана зі свердловини, вона все ще не втратила безбарвності та прозорості, але при зберіганні у відкритій ємності вона поступово стає мутною та виділяє осад червоно-коричневого гідроксиду заліза  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Присутність у воді заліза та рівня рН води нижче 7,5 створює сприятливі умови для розмноження залізобактерій.

Відповідно до ГОСТ 2874-82 [23] вміст заліза в питній воді не повинен перевищувати 0,3 мг/л.

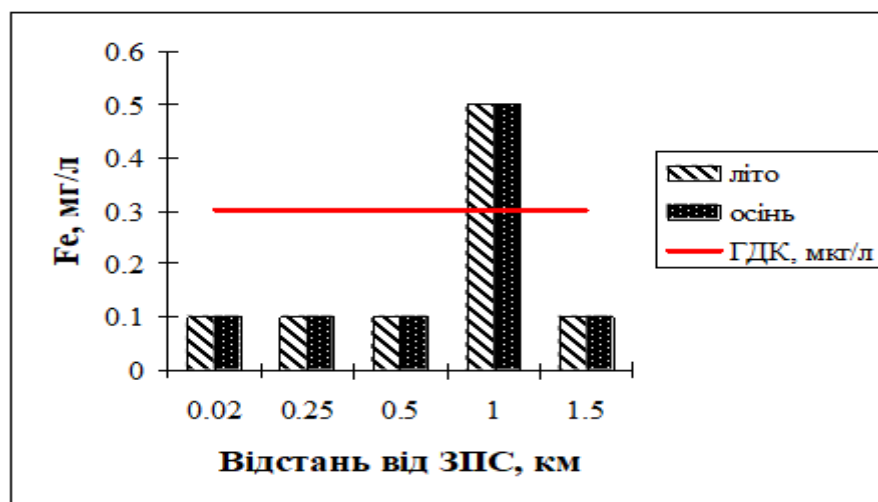


Рис.3.4. Вміст заліза у досліджуваних пробах ґрунтової води

Аналіз проб не виявив перевищень стандартного значення вмісту заліза у воді. Винятком були лише зразки, відібрані на відстані 1 км від злітно-посадкової смуги у червні та вересні. Перевищення у них склало 67%. Хоча вода з високою концентрацією іонів заліза не завдає шкоди здоров'ю, через незадовільні органолептичні показники (залізистий, чорнильний присмак) вона не підходить для пиття, промислово-господарського використання.

*Окислюваність.* Окислюваність визначає загальний вміст у воді відновників - органічних і неорганічних, які реагують з окислювачами. У природних водах переважають органічні відновники, тому, як правило, всю величину окислюваності відносять до органічних домішок води.

Наявність органічних та деяких легкоокислюваних неорганічних домішок (сірководню, сульфіту, чорних тощо) у природній воді визначає здатність води до окислення. Окислюваність підземних вод залежить від їх глибини.

Зміна хімічних властивостей речовин, що надходять у воду, впливає на її величину окислюваності. Ця характеристика є важливою санітарно-гігієнічною особливістю води, оскільки її зміни вказують на забруднення води стоками.

Питома окислюваність називають відношення окислюваності до кольоровості. При значеннях характеристики вище 0,3 концентрація сапротрофних мікроорганізмів та кишкової палички значно зростає, що робить воду з колодязя непридатною для використання.

Якщо використовується хімічний окислювач, то така окислюваність називається хімічною, а якщо окиснення здійснюють аеробні бактерії - біохімічною.

Хімічна окислюваність визначається з використанням перманганату калію  $\text{KMnO}_4$ , і тоді визначення носить назву “окислюваність перманганатна” або з окислювачами біхроматом калію  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  або йодатом калію  $\text{KIO}_3$ .

Цінність окислюваності перманганатної дуже мала, оскільки окислювальна здатність  $\text{KMnO}_4$  набагато менше окислювальної здатності  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  або  $\text{KIO}_3$  і в умовах визначення окислюються не всі органічні речовини, а саме окислення не проходить до кінця. Майже для всіх природних вод окислюваність перманганатна менше ХСК.

Біхроматну або йодатну окислюваність інакше називають хімічним споживанням кисню або ХСК. У питних водах ХСК не контролюється.

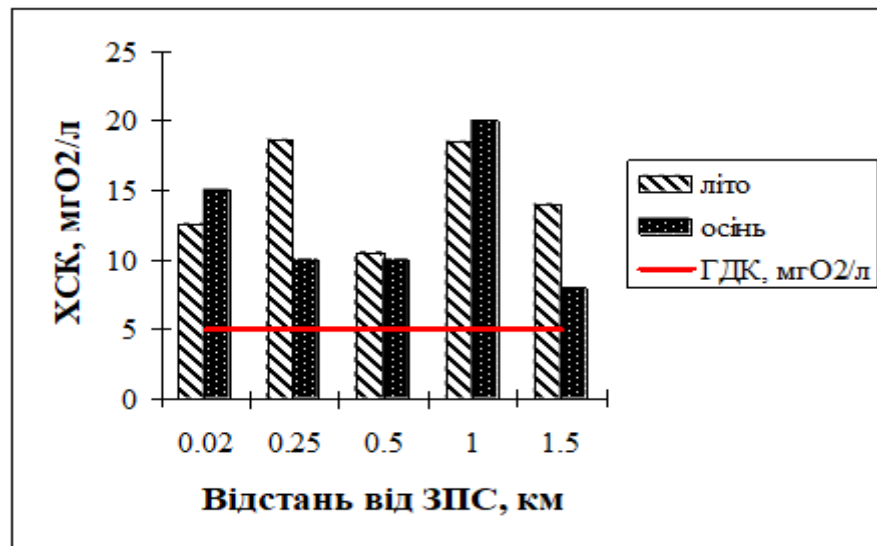


Рис.3.5. Результати визначення хімічного споживання кисню у досліджуваних пробах

Аналогічно з ХСК, окислюваність з використанням окислювальної здатності бактерій називають біохімічним споживанням кисню або БСК.

БСК<sub>5</sub> - кількість кисню (мг), необхідного аеробним бактеріям для окиснення органічної речовини в 1 літрі води до CO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>O протягом 5 діб без впливу повітря та світла. Цей показник є важливим при визначенні екологічного стану природних вод. Завдяки високому вмісту органічної речовини у воді аеробні бактерії пришвидшують темпи розмноження.

За наявності у воді невеликої кількості органічної речовини визначається перманганатна окиснюваність, а при високому вмісті - дихроматна.

В літературних джерелах наведені наступні ГДК показника ХСК для питних ґрунтових вод за класами забруднення: для води 1 класу – 2 мгО<sub>2</sub>/л; 2, 3 класу – 5 мгО<sub>2</sub>/л.

БСК<sub>5</sub> у підземних джерелах не нормується, а для поверхневих складає 3 - 4 мгО<sub>2</sub>/л, цю величину ГДК і було використано для загальної оцінки при дослідженні.



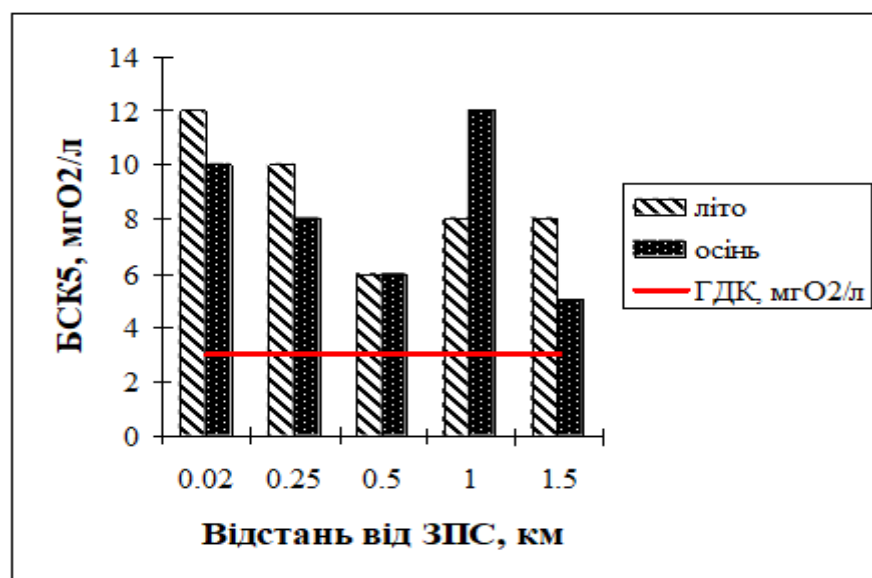


Рис.3.6. Результати аналізу проб на біологічне споживання кисню

Отже, згідно з показниками окислюваності, вода з усіх проаналізованих проб за обидва сезони не може вважатися придатною для пиття, оскільки ХСК перевищує у 2–4 рази встановлене значення ГДК для ґрунтових вод, а БСК у 2-4 рази вище норм ГДК для поверхневих вод господарсько-питного призначення.

Розглядаючи результати аналізу, слід врахувати, що на відміну від ґрунтових вод поверхневі проходить очистку до потрапляння в систему водопостачання. Тому вимоги для підземних джерел повинні бути більш жорсткими.

*Азотовмісні речовини.* Іони амонію, нітриту та нітрату у воді утворюються внаслідок розпаду білкових сполук, що надходять разом із побутовими та промисловими стічними водами. Наявність у воді аміаку може свідчити про забруднення фекальними стоками. Присутність амонію з неорганічних джерел не становить небезпеки для здоров'я.

За ГОСТ 2874-82 [23] вміст  $\text{NH}_4$  у воді не нормується,  $\text{N}/\text{NO}_3$  (по азоту) - не вище 10 мг/л,  $\text{N}/\text{NO}_2$  (по азоту) – не вище 0,03 мг/л.

Результати досліджень наведені у вигляді діаграм (див.рис. 3.7, рис. 3.8). Наявності  $\text{NH}_4$  в жодній пробі не помічено.

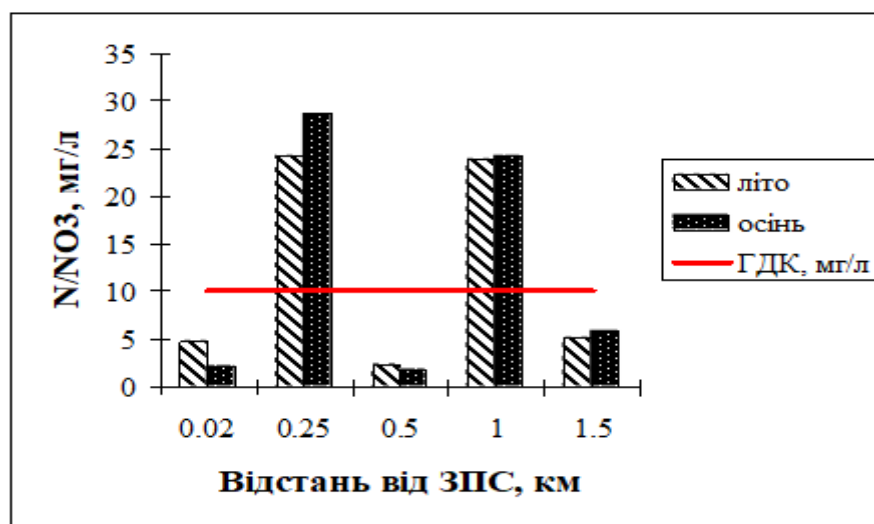


Рис 3.7. Вміст нітратів у досліджуваних пробах води

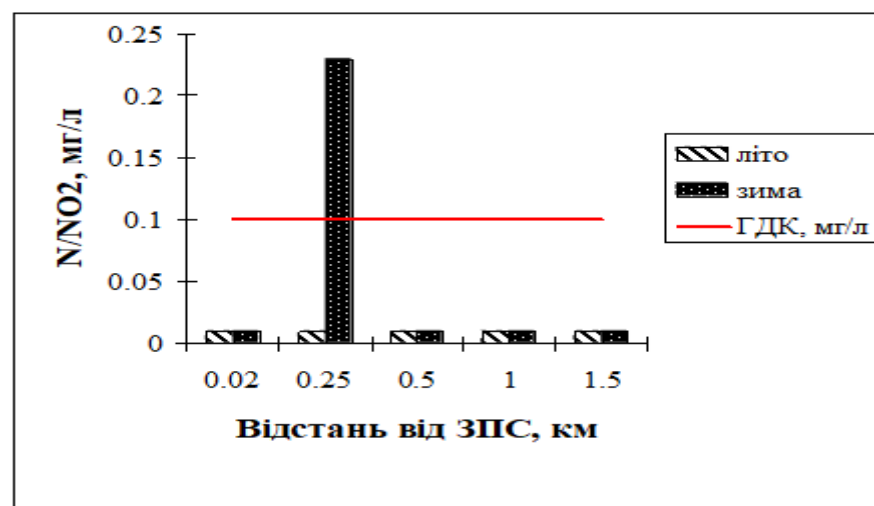


Рис.3.8. Вміст нітритів у досліджуваних пробах води

Зразки, зібрані на 250 м та 1 км від злітно-посадкової смуги, показують перевищення норми вмісту нітратів в 2,5-3 рази. Що стосується нітритів, то тільки осінній зразок на 250-метровій точці відбору проби перевищував норму в 2 рази. Перевищення норми вмісту нітритів було виявлене лише в осінній пробі точки відбору 250 м.

Хоча концентрація нітритів та нітратів досить мала, за їх наявності відсутність  $\text{NH}_4$  у воді свідчить про проходження процесу самоочищення води.

*Важкі метали.* Токсичні речовини (свинець, миш'як, мідь, цинк тощо) скидаються у воду через каналізаційну систему населеного пункту або об'єкту

промисловості. Концентрація цих речовин на рівні декількох міліграмів в 1 літрі води вже може бути токсичною.

У таблиці 3.4 підсумовані результати досліджень зразків підземних вод важких металів.

Таблиця 3.4

Результати дослідження проб ґрунтової води на вміст важких металів, а саме  
Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb

Пункти відбору проб	Вміст важких металів, мкг/л					
	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
20 м	0,01	0,01	-	0,09	не вимір.	4,1
250 м	0,01	0,001	-	0,03	не вимір.	0,6
500 м	0,01	0,003	-	0,08	не вимір.	0,6
1000 м	0,005	0,002	0,001	0,08	не вимір.	0,5
1500 м	0,001	0,001	-	0,03	не вимір.	1,2
20 м	не вимір.	0,01	0,0001	0,25	0,04	0,11
250 м	не вимір.	0,03	-	0,01	0,01	0,03
500 м	не вимір.	-	-	0,02	-	0,003
1000 м	не вимір.	-	-	0,01	-	0,05
1500 м	не вимір.	-	-	0,01	-	0,01
ГДК, мкг/л	50	1000	1000	5000	5	10

Свинець, мідь, цинк в основному надходять у воду з промислових стоків. Найбільш токсичним з них є свинець.

За нормами питна вода для населення не повинна містити більше 0,01 мг/л свинцю, вміст міді не має перевищувати 1-3 мг/л, цинку - 0,1-5 мг/л, хрому - 0,05 мг/л, а кадмію - 0,005 мг/л.

Вміст важких металів у всіх пробах води в обидва сезони відносно низький, в межах норм.

*Пестициди.* Хлорорганічні пестициди являють собою хлорпохідні багатоядерних вуглеводнів (ДДТ), циклопарафінів (гексахлорциклогексан (ГХЦГ)) тощо. Характерною властивістю низки хлорорганічних пестицидів (ХОП) є зростання їх концентрації в наступних ланках біологічного ланцюга.

Пестициди являють собою великий клас штучних хлорорганічних і фосфорорганічних речовин, що використовуються для боротьби з бур'янами (гербіциди), комахами (інсектициди) та гризунами (родентициди). Основним джерелом потрапляння у воду є поверхневий стік та дренажний стік у сільськогосподарських районах. Пестициди токсичні, мутагенні та кумулятивні, повільно руйнуються.

За ГОСТ 2874-82 [23] вміст пестицидів у питній воді не має перевищувати 0,0001 мг/л.

*Нафтопродукти.* В аналізі екологічного стану води термін "нафтопродукт" застосовується для позначення суми неполярних і низькополярних речовин, розчинених у гексані, тобто суму аліфатичних, ациклічних й ароматичних вуглеводнів. Існуючі ГДК нафтопродуктів у воді становлять 0,3-0,05 мг/л.

Вуглеводні, що входять до складу нафтопродуктів, є токсичними для живих організмів, впливають на їх серцево-судинну та нервову системи. Через це, згідно з ГОСТ 2874-82 [23] нафтопродукти не повинні міститись у питній воді.

У деяких літературних джерелах найнижча роздільна здатністю приладу для вимірювання, яка становить 0,0001 мг/л, приймається за ГДК.

Досліджені проби є несприятливими за вмістом нафтопродуктів. Спостерігаються перевищення у 100-300 разів прийнятих рівнів ГДК (0,0001 мг/л). Зразки літнього відбору забруднені найсильніше, що може бути пов'язано з весняними паводками. Вода з цих джерел не є придатною для вживання.

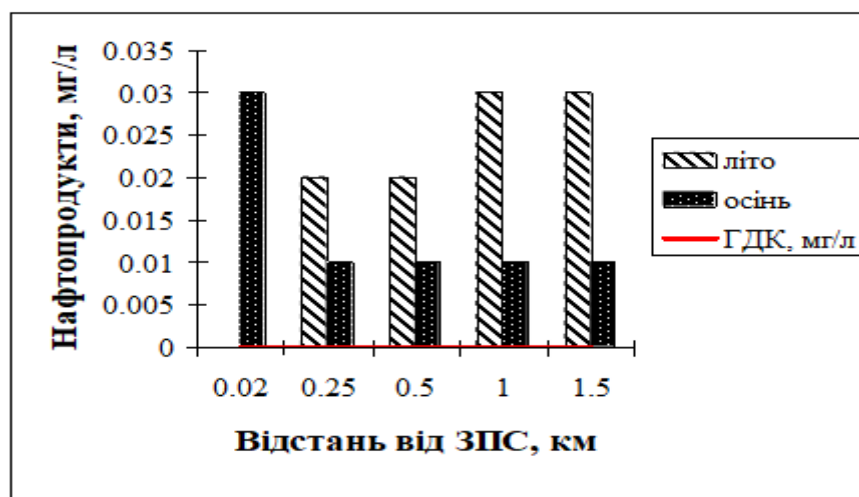


Рис. 3.9. Вміст нафтопродуктів у досліджуваних пробах ґрунтової води

### 3.2. Результати мікробіологічного аналізу (сірководневого тесту).

*Біологічне забруднення.* Видове різноманіття мікроорганізмів у природних водах є досить високим. Якісний та кількісний склад їх популяцій в основному залежить від хімічного складу води. Оскільки водоносний горизонт захищений від контакту з вищими шарами, глибокі ґрунтові води характеризуються майже повною відсутністю бактерій.

Сірководневий тест використовується для аналізу наявності бактерій у зразках підземних вод. Він має високу чутливість і навіть може виявити бактерії в дуже малих концентраціях. Позитивний результат тестування свідчить про непридатність води для вживання.

Бактеріологічний тест для перевірки на наявність мікроорганізмів у воді проводиться за допомогою індикаторного папірця, що реагує на виділення  $H_2S$ . Почорніння папірця вказує на те, що виділився сірководень. Це значить, що вода може містити бактерії фекального походження.

Результати тестування проб ґрунтових вод на  $H_2S$  – тесті наведені в таблиці 3.5, та на рис. 3.10.

## Результати сірководневого тестування проб ґрунтових вод

Пункти відбору проб	Забарвлення індикатору / води	Кількість бактерій	Висновок
Контроль	Не забарвлена	-	Чиста
20 м	Чорна	Більше за 1000 екз/100 мл	Забруднена
250 м	Чорна	Більше за 1000 екз/100 мл	Забруднена
500 м	Чорна	Більше за 1000 екз/100 мл	Забруднена
1000 м	Чорна	Більше за 1000 екз/100 мл	Забруднена
1500 м	Чорна	Більше за 1000 екз/100мл	Забруднена

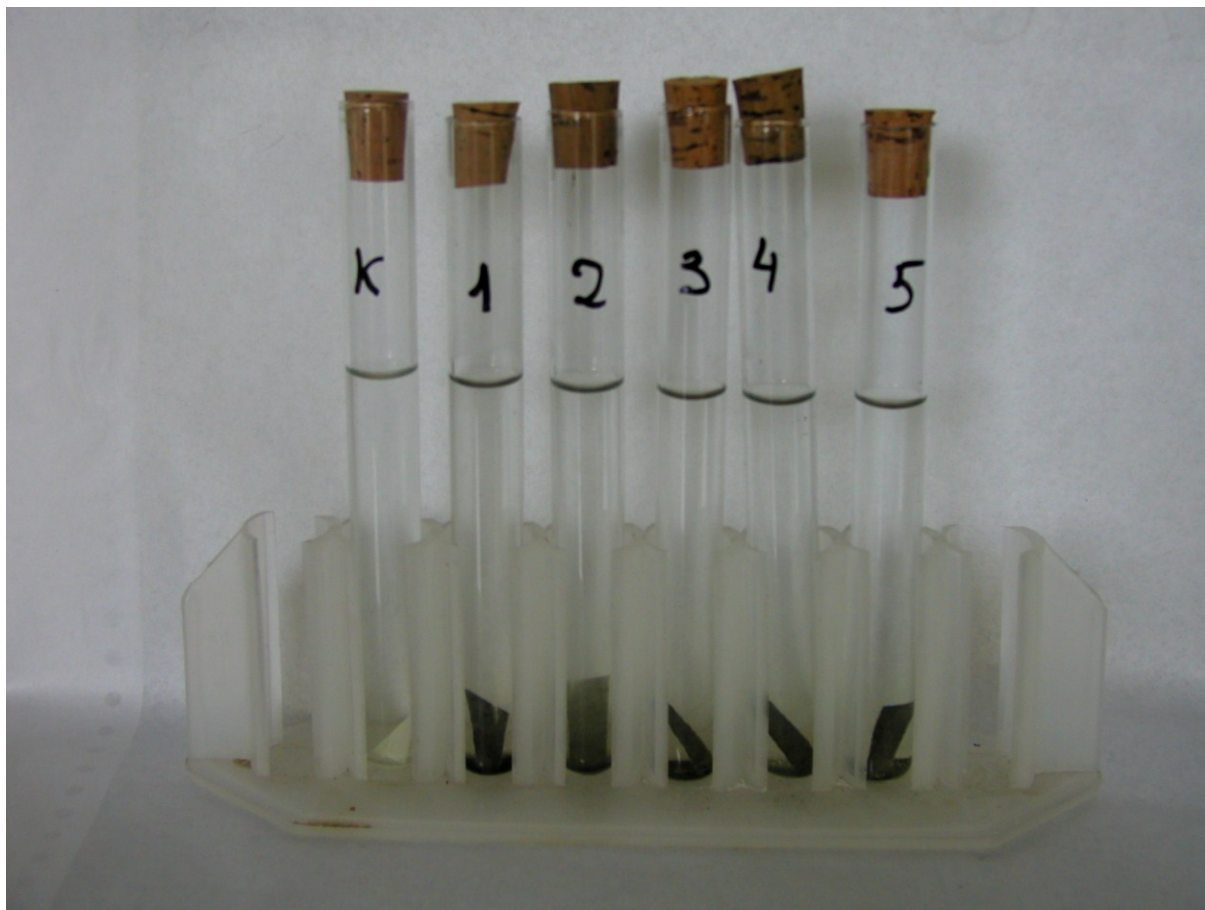


Рис. 3.10. Фотографія результатів сірководневого тесту

### 3.3 Результати біотестування

#### 3.3.1 Результати біотестування проб ґрунтових вод в зоні аеропорту “Київ” на ракоподібних *Daphnia magna* Straus

Біологічні випробування застосовуються для того, щоб визначити, як вода впливає на живі організми.

*Daphnia* – прісноводне безхребетне класу ракоподібних. *Daphnia magna* є найбільшим видом і досягає за довжиною від 5 до 6 мм. Тривалість життя *Daphnia magna* залежить від умов навколишнього середовища. Зі збільшенням температури тривалість її життя зменшується у зв'язку зі збільшенням метаболічної активності. Середня тривалість життя *Daphnia magna* – 40 діб при 25 °С і приблизно 40 діб при 20 °С.

Генетично гомогенна культура дафнії була використана в експериментах для визначення токсичності зразків води. Нормою токсичності в даних дослідках є порівняння рівнів смертності та виживання піддослідних та контрольних організмів. При загибелі 25% досліджуваних організмів протягом 48 годин зразок води вважається гостро токсичним.

Результати дослідження показані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Результати біотестування проб ґрунтової води на *Daphnia magna*

Пункти відбору проб	Умовне позначення	Кількість живих/загиблих дафній через 48 год.	Середнє арифметичне кількості живих дафній	Кількість загиблих дафній відносно контролю	Висновок
20 м	1	9/1	9,33	7 %	нетоксична
	2	9/1			
	3	10/0			

250 м	1	8/2	9	10 %	нетоксична
	2	9/1			
	3	10/0			
500 м	1	8/2	7	30 %	Слаботоксична
	2	8/2			
	3	5/5			
1000 м	1	10/0	9,67	3 %	нетоксична
	2	10/0			
	3	9/1			
1500 м	1	7/3	9	10 %	нетоксична
	2	10/0			
	3	10/0			
Контроль	1	9/1	9,33	7 %	нетоксична
	2	9/1			
	3	10/0			

За результатами біологічного випробування *Daphnia magna*, майже у всіх зразках води був виявлений низький рівень смертності досліджуваного організму (3-10 %), за винятком зразка води, вилученого з колодязя за 500 м від злітно-посадкової смуги (30 %).

Через 120 годин у зразках була зафіксована майже повна смертність. На поверхні води була утворена біла напівпрозора плівка. Тому можна зробити припущення, що токсичні властивості набуваються лише з часом. Для підтвердження цього факту було проведене біотестування на *Lactuca sativa* L. та аналіз на генотоксичність.



### 3.3.2 Результати біотестування проб ґрунтових вод зони аеропорту "Київ" на *Lactuca sativa* L.

Для оцінки біологічних характеристик води було проведено випробування рослин в очищеній воді. Об'єктом дослідження було вибране насіння салату. Було розміщено 25 насінин у чашці Петрі на фільтрувальний папір, змочений водою з проб, та залишено на 5 діб в темному місці. Для дослідження була вибрана вода з різними значеннями рН. Довжину пророщених коренів можна використовувати для того, щоб зробити висновки про інтенсивність розвитку рослин. Інтенсивність росту рослин оцінювалася за довжиною пророщених коренів.

Результати дослідження відображені у таблиці 3.7 та на рисунку 3.11.

Таблиця 3.7

Результати біотестування проб ґрунтової води на салаті *Lactuca sativa* L

Пункти відбору проб	Середня довжина корінців, мм	Ріст корінців відносно контролю, %.
Контроль	10,15	100
20 м	7,10	70
250 м	4,25	42
500 м	4,70	46
1000 м	6,45	64
1500 м	6,00	59
Контроль	11,40	100
20 м	7,60	67
250 м	8,25	72
500 м	11,70	103
1000 м	2,30	20
1500 м	11,75	103

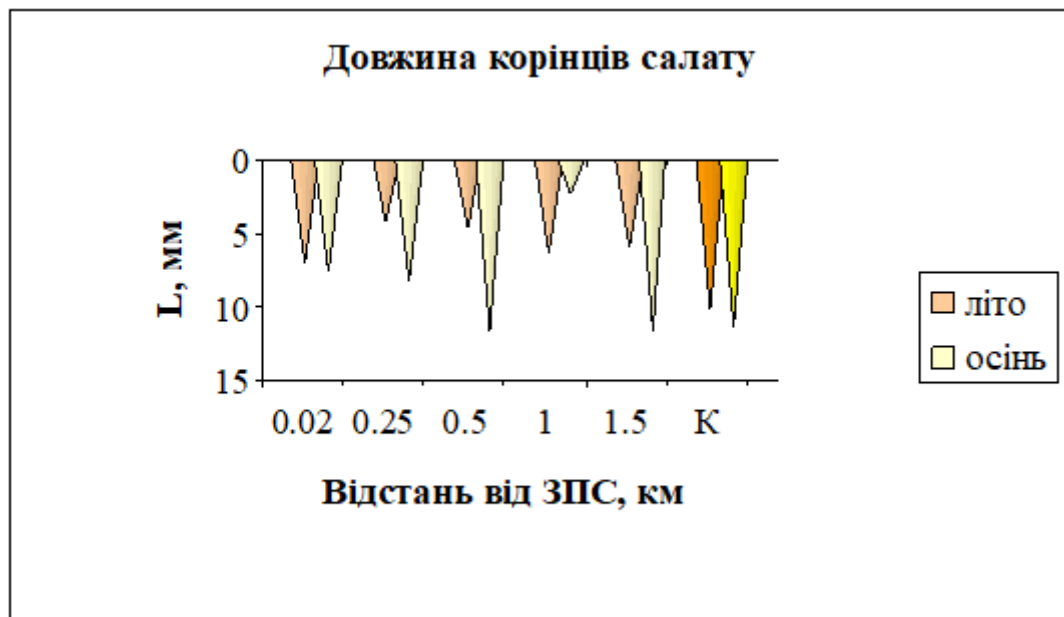


Рис. 3.11. Довжина корінців салату відносно контролю

Досить інтенсивний темп росту можна було відмітити в осінніх зразках точок відбору 500 м та 1,5 км (на 3% вище, ніж у контрольних). У зразках у точках відбору проб 200 м та 250 м від злітно-посадкової смуги довжина коренів салату була майже однаковою. Порівняно з іншими зразками, всі зразки літа та зразки на 1 км мали знижений темп росту коренів. З метою відстеження ролі досліджуваного зразка на клітинному рівні після проростання з коренів меристематичних тканин готували цитологічні препарати для аналізу під оптичним мікроскопом.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані теоретичні матеріали на тему фізичних та хімічних характеристик ґрунтових вод показав, що основними джерелами забруднення поверхневих та підземних вод є аварії при видобутку, технологічні втрати під час транспортування, переробки та зберігання, неправильне захоронення нафтовмісних промислових відходів, викиди та скиди від нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, автотранспорту.
2. Актуальність проведення досліджень у зоні впливу аеропорту “Київ” полягає в специфічному розташуванні об’єкта, що може призвести до негативного впливу на екосистему, що його оточує, та життєдіяльність мешканців прилеглої території.
3. Гідрохімічні аналізи проб ґрунтових вод показали перевищення нормативних значень за багатьма показниками, а саме: жорсткість води, вміст нітратів та нітритів у деяких пробах, за показниками окислюваності та вмісту нафтопродуктів у всіх пробах води, що досліджувалися, в небезпечних кількостях.
4. Результати мікробіологічного аналізу (сірководневого тесту) показали забруднення патогенними мікроорганізмами всіх зразків, що досліджувалися. Це може мати негативні наслідки для населення, що споживає воду, джерелом якої є ґрунтові води зони впливу аеропорту.
5. Метод біотестування на дафніях показує, що вода є нетоксичною для піддослідних організмів, однак після 120 годин тестування 80 – 90 % піддослідних організмів гинуть. Результати біотестування проб води на насінні салату були досить позитивними, спостерігався інтенсивний розвиток рослин майже в усіх пробах.
6. В результаті досліджень можна вивести рекомендації для покращення екологічної ситуації в зоні впливу аеропорту: удосконалення й осучаснення методів очищення промислових та господарчо-побутових стічних вод за

допомогою нафтовловлювачів і флотаційних установок; ізоляція ґрунтових вод від промислових, господарчо-побутових і комунальних відходів, продуктів виробництва за допомогою гідроізоляції фундаментів і підлог; відкачування забрудненої води з метою ліквідації забруднення.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Геологічний словник: відкритий навчально-науковий веб-ресурс. URL: <https://geodictionary.com.ua/node/2370>. (дата звернення: 01.06.2020)
2. Костюченко М. М., Шабатин В. С. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2005. 144 с.
3. Абиева Л. К. Экологическое состояние почвенного покрова территории нефтегазовых промыслов Восточного Прикаспия. *"Нефть и газ"*. Астана. 2004. Вип. 2. С. 105-109.
4. Білоненко Г. М. Зміни родючості ґрунту при вуглеводневому забрудненні. *Вісник аграрної науки*. Львів. 2002. Вип. 10. С. 52-54.
5. Абдрахманов Р. Ф. Геохимия зкотоксикантов в подземных водах урбанизированных территорий. *Геохимия*. Москва. 1997. Вип. 6. С. 630-636.
6. Абдрахманов Р. Ф. Техногенез в подземной гидросфере Предуралья. Уфа: УНЦ РАН. 1993. 2008 с.
7. Хмурчик В. Т., Максимович Н. Г. Использование аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод. Пермь: Институт экологии и генетики микроорганизмов РАН. 2007. С. 123-126.
8. Квасников Е. И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных бассейнах. Київ: Наукова думка. 1981. С. 132.
9. Аудиторський звіт за результатами державного фінансового аудиту діяльності Комунального підприємства Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни) за період з 01 січня 2014 по 30 вересня 2017 року. Київ: Північний офіс Держаудитслужби. 2017. С. 146.
10. Серікова О. М. Вплив стічних вод нафтопереробних підприємств на навколишнє природне середовище. Diss. Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom, 2020.
11. Мальований М. С., Шмандій, В. М., Харламова, О. В., Челядин, Л. І.,

- Сакалова, Г. В. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки. Кременчук: Екологічна безпека. 2013. Вип. 1. С. 37-44.
- 12.ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод [Чинний від 01-07-2006] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 15 с.
- 13.ГОСТ 24902-81. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа (с Изменением N 1) [Чинний від 01-01-1983] Вид. офіц. Москва: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010. 7 с.
- 14.ДСТУ ISO 7887:2003 Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT) [Чинний від 01-10-2004] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 30 с.
- 15.ДСТУ ISO 7027:2003. Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT) [Чинний від 01-07-2004] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 17 с.
- 16.ISO 10523:2008 Water quality — Determination of pH [Чинний від 01-12-2008]. Вид. офіц. Брюссель, 2008. 13 с.
- 17.ДСТУ ISO 6059:2003 Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію. Титриметричний метод із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти (ISO 6059:1984, IDT) [Чинний від 01-07-2004] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.
- 18.КНД 211.1.4.021-95. Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах [Чинний від 01-07-1995] Вид. офіц. Київ: 1995. 10 с.
- 19.ДСТУ ISO 6060:2003. Якість води. Визначання хімічної потреби в кисні (ISO 6060:1989, IDT) [Чинний від 01-07-2004] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.
- 20.КНД 211.1.4.027-95. Методика фотометрического определения нитратов с салициловой кислотой в поверхностных и биологически очищенных водах [Чинний від 01-07-1995] Вид. офіц. Київ, 1995. 10 с.

- 21.КНД 211.1.4.023-95. Методика фотометрического определения нитрит-ионов с реактивом Грисса в поверхностных и очищенных сточных водах [Чинний від 01-07-1995] Вид. офіц. Київ, 1995. 10 с.
- 22.КНД 211.1.4.054-97. Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus. [Чинний від 01-07-1997] Вид. офіц. Київ, 1997. 17 с.
- 23.ГОСТ 2874-82 Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю [Чинний від 18-10-1982] Вид. офіц. Москва, 1997. 14 с.